

12

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 81102524.6

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **B 29 D 27/04, B 64 C 3/24**

22 Anmeldetag: 03.04.81

30 Priorität: 15.04.80 DE 3014347

71 Anmelder: Messerschmitt-Bölkow-Blohm Gesellschaft  
 mit beschränkter Haftung München,  
 Robert-Koch-Strasse, D-8012 Ottobrunn (DE)

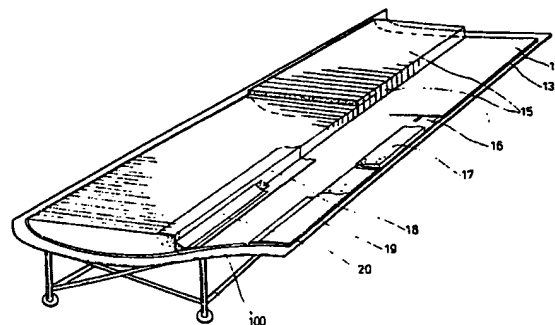
43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 21.10.81  
 Patentblatt 81/42

72 Erfinder: Hahn, Michael, Dipl.-Ing., Bahnhofstrasse 15 b,  
 D-8012 Ottobrunn (DE)  
 Erfinder: Wackerle, Peter-Martin, Dipl.-Ing., Oderweg 7,  
 D-8012 Ottobrunn (DE)

84 Benannte Vertragsstaaten: BE FR NL

54 Verfahren zur Herstellung von schaumkerngestützten Formkörpern wie Flügeln, Rotorblättern etc. grosser Längen- und Breitenausdehnung.

57 Verfahren zur Herstellung von schaumkerngestützten Formkörpern wie Flügel, Rotorblätter usw. großer Längen- und Breitenausdehnung in nicht schließbaren Formen (100), wobei die Schale (11) des Formkörpers (10) in zwei getrennten Formkörperhälften (10a, 10b) aus Faser-verbundwerkstoff laminiert und ausgehärtet wird, der Schaumkern (15) in jeder Schale (11) des Formkörpers (10) direkt hergestellt und bearbeitet wird und nach Bearbeitung der Trennebenen (21) der Formkörperhälften (10a, 10b) diese miteinander verklebt werden.



EP 0 037 987 A2

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von schaumkerngestützten Formkörpern wie Flügel, Rotorblätter etc. großer Längen- und Breitenausdehnung.

- 5 Bekannt sind Verfahren für die Herstellung von Blügeln für Segelflugzeuge etc., also für relativ kleine Bauelemente. Bei diesen bekannten Verfahren müssen die verwendeten Formen schließbar sein, d. h. für die angestrebte Holmbauweise ist ein sehr großer Aufwand an
- 10 Fertigungsmaterial erforderlich. Bei der Stegbauweise treten Passungsprobleme auf und außerdem ist während der Fertigung keine Kontrollmöglichkeit gegeben. Sollen nun große Formkörper, wie beispielsweise Rotorblätter für große Windenergieanlagen etc. hergestellt
- 15 werden, so verbieten sich diese Verfahren allein aus dem schlechten Verhältnis von Masse zu Steifigkeit.

- Diese Bauweisen und Verfahren sind aber für die Herstellung von großflächigen Flügeln oder Rotorblättern nicht verwendbar und zwar weder für die Holmbauweise,
- 20 noch für die Schalenbauweise mit vorgefertigtem Schaumkern.

- Bei der Holmbauweise ist die Masse bei gleicher Steifigkeit höher als bei der Schalenbauweise und die Formen müssen wegen der Konturgenauigkeit der dünnwandigen Schalen
- 25 len schließbar sein, wobei die Verbindung Holm-Außenschale über kleine, schwer kontrollierbare Klebflächen erfolgt.

- Bei der Schalenbauweise mit vorgefertigtem Schaumkern treten im vorliegenden Falle folgende Nachteile auf:
- 30 einmal ist der Schaumkern wegen seiner Größe und aufwen-

digen geometrischen Ausgestaltung nicht wirtschaftlich herstellbar und zum andernmal kann die Verbindung von Kern zur Schale nur im "Naß-in-Naß-Verfahren" mit schließbaren Formen von guter Qualität sein.

- 5 Auch dieses bekannte Verfahren scheidet zu dem vorgeschlagenen Zweck wegen der großen Laminatmengen und den aufwendigen Formwerkzeugen aus, dies um so mehr, als die gesamte Laminatmenge zum gleichen Zeitpunkt naß sein muß. Die Verklebung eines Kerns mit ausgehärteten  
10 Schalen ist nicht kontrollierbar.

- Bei dem bekannten Verfahren einer Schalenbauweise mit Stegen treten im vorliegenden Falle ebenfalls erhebliche Nachteile auf. So erhöhen die Massen der Stege und ihrer Verbindungselemente zur Schale die Gesamtmasse  
15 des fertigen Bauteils viel zu stark. Auch ist die Einpassung der Stege zwischen den Schalen nur in sehr aufwendiger Weise zu realisieren und letztlich ist eine vollständige Kontrolle der Verklebung nicht möglich.

- Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das nicht nur die aufgeführten Nachteile der Verfahren des Standes der Technik beseitigt, sondern eine Großflügel- bzw. Großrotorherstellung in getrennten und nicht schließbaren Formen erlaubt, wobei durch die vorgeschlagenen Verfahrensschritte eine laufende Kontrolle  
20 der inneren Struktur und Fehlerkorrekturen während der Herstellung möglich sind.  
25

Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen niedergelegten Maßnahmen in überraschend einfacher und

zuverlässiger Weise gelöst. In der nachfolgenden Beschreibung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben und erläutert sowie in der Zeichnung dargestellt. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 einen Teilquerschnitt eines nach dem Verfahren hergestellten Formkörpers eines Großrotorblattes,
- Fig. 2 eine perspektivische Draufsicht des Aufbaus der Saug-Druckseitenschale des Großrotorblattes gemäß Fig. 1,
- 10 Fig. 3 den inneren Aufbau des Großflügelblattes gemäß Fig. 1 und 2,
- Fig. 4 einen Teilquerschnitt des Schaumkernes und des Hinterkantenschaumes mit Übermaß,
- 15 Fig. 5 einen Teilquerschnitt gemäß Fig. 4 nach Bearbeitung zur Fertigstellung,,
- Fig. 6 einen Teilquerschnitt der beiden Großrotorblattflächen beim Zusammenfügevorgang.

20 Der in der Fig. 1 gezeigte Formkörper 10 eines Großrotorblattes wird gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren wie folgt hergestellt:

Zuerst wird die Schale 11 des Flügels bzw. Rotorblattes als sogenannter Formkörper 10 in zwei getrennten Formhälften 10a, 10b aus Faserverbundwerkstoff laminiert und heiß oder kalt ausgehärtet, wobei die Heiß-

25

aushärtung bei großen bzw. großflächigen Formkörpern wegen der langen Verarbeitungszeit dem Kaltverfahren vorzuziehen ist. Der Lagenaufbau setzt sich aus dem Diagonallaminat 11, 14, d. h. aus der Schale 11 und der inneren Blatthaut 14 für die Torsionsschale 10b und aus dem Unidirektionallaminat 12 zur Aufnahme der Längskräfte aus Biegung und Fliehkraft zusammen, wobei das Unidirektionallaminat 12, das entlang der gesamten Flügellänge liegt, über den ganzen Profilquerschnitt verteilt sein kann oder auch nur in bestimmten Bereichen laminiert wird. Diese Bereiche richten sich nach der zu erwartenden Belastung bzw. den aufzunehmenden Kräften. Die Dicke und Lage richtet sich nach den erforderlichen Massen, Steifigkeiten, Festigkeiten und Schwerpunktlagen. Meistens wird beispielsweise im hinteren Profilbereich - der sogenannten Fahne - eine leichte Struktur gewünscht. Hierzu schlägt die Erfindung eine selbsttragende Sandwichstruktur vor. Allgemein können die vorgeschlagenen Lamine im Handlaminierverfahren, aber auch als sogenannte Prepregs oder gar im Vakuuminjektionsverfahren hergestellt werden.

Die Figur 2 zeigt den Fertigungsablauf und den Aufbau der Saugdruckseitenschale, wobei die erste Blatthaut 11 auf dem Formtisch 100 ausgelegt und laminiert wird.

Die Fig. 3 zeigt den Aufbau des inneren Flügels bzw. die Herstellung des sogenannten Schaumkernes. Dieser Schaumkern wird ebenfalls in Hälften in den jeweiligen Formschalen der Laminierform 100 direkt hergestellt. Zur Fertigung des Rohteiles sind zwei Verfahren mög-

lich, einmal das freie Ausschäumen und zum andernmal die Herstellung aus Plattenmaterial. Im ersteren Fall wird in die offene Schalenstruktur ein freischäumender Werkstoff eingespritzt. Der dabei entstehende Schaum-

5 körper füllt den gesamten Innenraum des Profiles aus, wobei beispielsweise auch ein Bereich durch Trennwände freigehalten werden kann, wie z. B. an der "Endfahne". Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß Schaumwerkstoffe verwendet werden müssen, die bei hoher

10 dynamischer Beanspruchung der Gefahr einer Zerstörung ausgesetzt sind. Somit sind im vorliegenden Falle die auftretenden Belastungen für die Verwendung dieses Verfahrens ausschlaggebend und für Formkörper, die einer hohen Lastenwechselzahl unterworfen sind nicht geeignet.

15 Schaumwerkstoffe, die diesen hohen Anforderungen gerecht werden, müssen in geschlossenen Formen hergestellt sein und damit also als Plattenmaterial verwendet werden.

Dies schlägt das Verfahren nach der Erfindung vor.

20 Hier werden nun die Hälften der Schaumkerne aus Schaumstegelementen 15, also aus Plattenmaterial - beispielsweise von ca. 80 cm Dicke - in Scheiben zusammengesetzt und miteinander verklebt. Die Scheiben entsprechen den Innenkonturen der einlamierten Schalenhälften. Die genaue Kontur kann durch Einpassen ermittelt werden, wobei

25 die jeweils vorherige Schaumscheibe bzw. das Schaumstegelement 15 als Schablone für die nächste Spalte dient, die durch grobe Einpassung entstehen, können durch schäumbare Kleber geschlossen werden. Dadurch wird also

30 ein geschlossener Schaumkern erhalten, der nur noch in der Trennebene 21 zu bearbeiten ist. Dies trifft für beide Formhälften 10a, 10b zu. Die überstehenden Schaumstoffteile von 15 und 17 (Fig. 4) werden mittels einer

geführten Schneidvorrichtung abgetrennt. Die so bearbeiteten Flügelhälften - also Oberschale 10a und Unterschale 10b als Formkörperhälften - werden an der gemeinsamen Trennebene 21 miteinander verklebt.

Der Fertigungsablauf vollzieht sich also wie folgt:

- 5 In der Laminierform für die untere Formkörperhälfte 10b oder auch Unterschale genannt, bzw. der Form für die obere Formkörperhälfte 10a oder auch Oberschale genannt, wird jeweils die erste Blatthaut 11 aus Faserverbundwerkstoff im Diagonallaminat hergestellt, anschließend
- 10 wird darauf der Holm aus Unidirketionallaminat 12 aufgebracht, wobei dies entlang der gesamten Formkörperlänge und über den ganzen oder nur in Teilbereichen des Profilquerschnittes geschehen kann. Dann werden im Profilhakenbereich Schaumplatten 13 eingelegt und angepaßt
- 15 und darauf die innere Blatthaut 14 laminiert, ebenfalls im Diagonallaminat aus Faserverbundwerkstoff. Der innere Flügel- bzw. Rotorblattaufbau sieht nun für beide Formkörperhälften wieder im gleichen Verfahren vor:  
Anfertigung des Schaumsteges aus einzelnen Schaumsteg-
- 20 elementen 15, wobei diese mit ihrer Oberkante bzw. Oberfläche über die sogenannte Trennebene 21 ragen. Dann werden diese Elemente 15 - wie in Fig. 3 dargestellt - auf die Torsionsschale 11, 12, 13, 14 eingeklebt oder eingelegt und das Endkantenlaminat 16 im Fahnenbereich ange-
- 25 fräst.

Auf dieser Anfräsung 16 werden nun Schaumplatten 17 aufgeklebt, wobei diese Schaumplatten 17 ebenfalls ihrer Höhe nach über die sogenannte Trennebene 21 ragen. Mit-

tels einer geführten Vorrichtung wird nun der Schaumsteg 15 und der Hinterkantenschaum 17 genau in der Trennebene 21 abgefräst oder abgeschnitten. Anschließend wird das Schublaminat 18 und das Hinterkantengewebe 19 eingebracht bzw. laminiert und zwar kurz vor dem Zusammenfügen der beiden Formhälften 10a, 10b. Zum Schluß werden noch die Versteifungswinkel 20 eingeklebt, die die Schaumstegelemente 15 in ihrer Lage einwandfrei fixieren und halten.

Die Fig. 6 zeigt den Moment der unmittelbaren Zusammenfügung der beiden Formkörperhälften 10a, 10b. Auf allen in der Trennebene liegenden Flächen von 10a, 10b, und 19 wird ein Schaumkleber aufgebracht und dann die beiden Formkörperhälften zusammengefügt. Über die Aushärtung bei den Laminatvorgängen ist eingangs schon gesprochen worden. Die Aushärt- bzw. Trocknungszeiten bei den Klebvorgängen richten sich nach dem jeweiligen verwendeten Schaumstoffkleber.

Zur Fertigstellung des entformten Flügels werden nun noch die Nasenschale 25 und die Endkantenverstärkung 26 angebracht.

Durch die vorgeschlagenen Fertigungsmaßnahmen wird nun nicht nur die Herstellung großflächiger Formkörper ermöglicht, sondern im einzelnen noch weitere Vorteile erzielt, wie beispielsweise eine homogene Stützung der Schale durch den Schaumkern, die Verwendung jedes geeigneten Schaumstoffes in beliebiger Halbzeugabmessung, die Herstellung in offenen Formen und die vollständige Kontrollmöglichkeit über den gesamten Fertigungszeitraum und damit verbunden die gegebenen Korrekturmöglichkeiten.



0037987

MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM  
GESELLSCHAFT  
MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG,  
MÜNCHEN

Ottobrunn, 08.04.80  
BTO1 Kre/Bi/ma  
8714

Verfahren zur Herstellung von schaumkerngestützten  
Formkörpern wie Flügel, Rotorblätter etc. großer  
Längen- und Breitenausdehnung

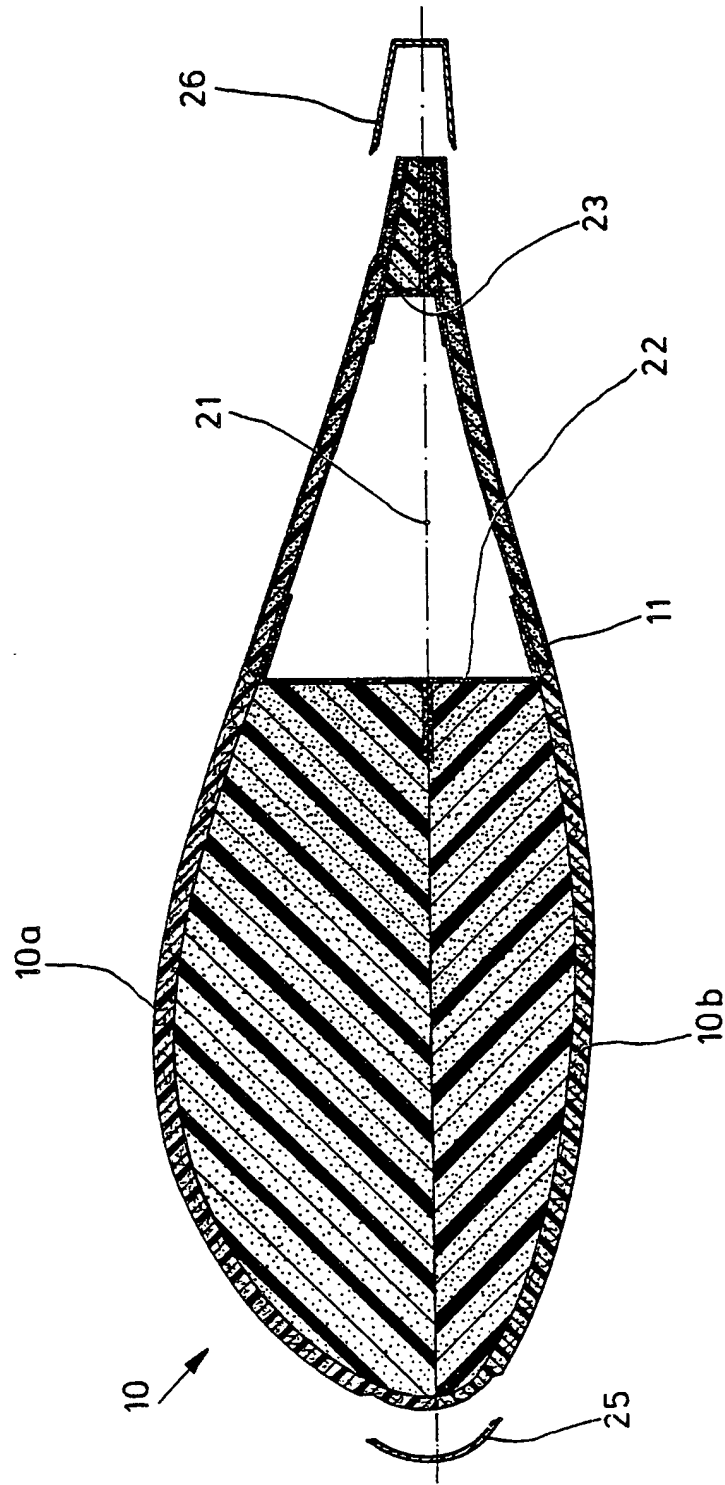
#### P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Herstellung von schaumkerngestützten  
Formkörpern wie Flügel, Rotorblätter etc. großer  
Längen- und Breitenausdehnung in nicht schließba-  
ren Formen, dadurch g e k e n n z e i c h n e t,  
daß
  - a) die Schale (11) des Formkörpers (10) in zwei  
getrennten Formkörperhälften (10a, 10b) aus Fa-  
serverbundwerkstoff laminiert und ausgehärtet  
wird,
  - b) der Schaumkern (15) in jeder Schale (11) des  
Formkörpers (10) direkt hergestellt und bearbei-  
tet wird und

- c) nach Bearbeitung der Trennebenen (21) der Formkörperhälften (10a, 10b) diese miteinander verklebt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der entformte Formkörper (10) mit Nasen-(25) und Endkantenverstärkungen (26) versehen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Unidirektionallaminat entlang der gesamten Länge des Formkörpers (10) angeordnet ist und über den ganzen Profilquerschnitt verteilt ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Unidirektionallaminat entlang der gesamten Länge des Formkörpers (10) und nur in Teilbereichen laminiert ist.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der hintere Profilbereich des Formkörpers (10) als selbsttragende Sandwichstruktur ausgebildet ist.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Schaumkern (15) in druckfester Form hergestellt und als Plattenmaterial eingesetzt und miteinander verklebt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Plattenmaterial des Schaumkernes (15) mittels Schaumkleber mit der Schale (11) verbunden wird.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Schaumkern (10) aus einem freischäumbaren Material hergestellt ist.

Fig. 1



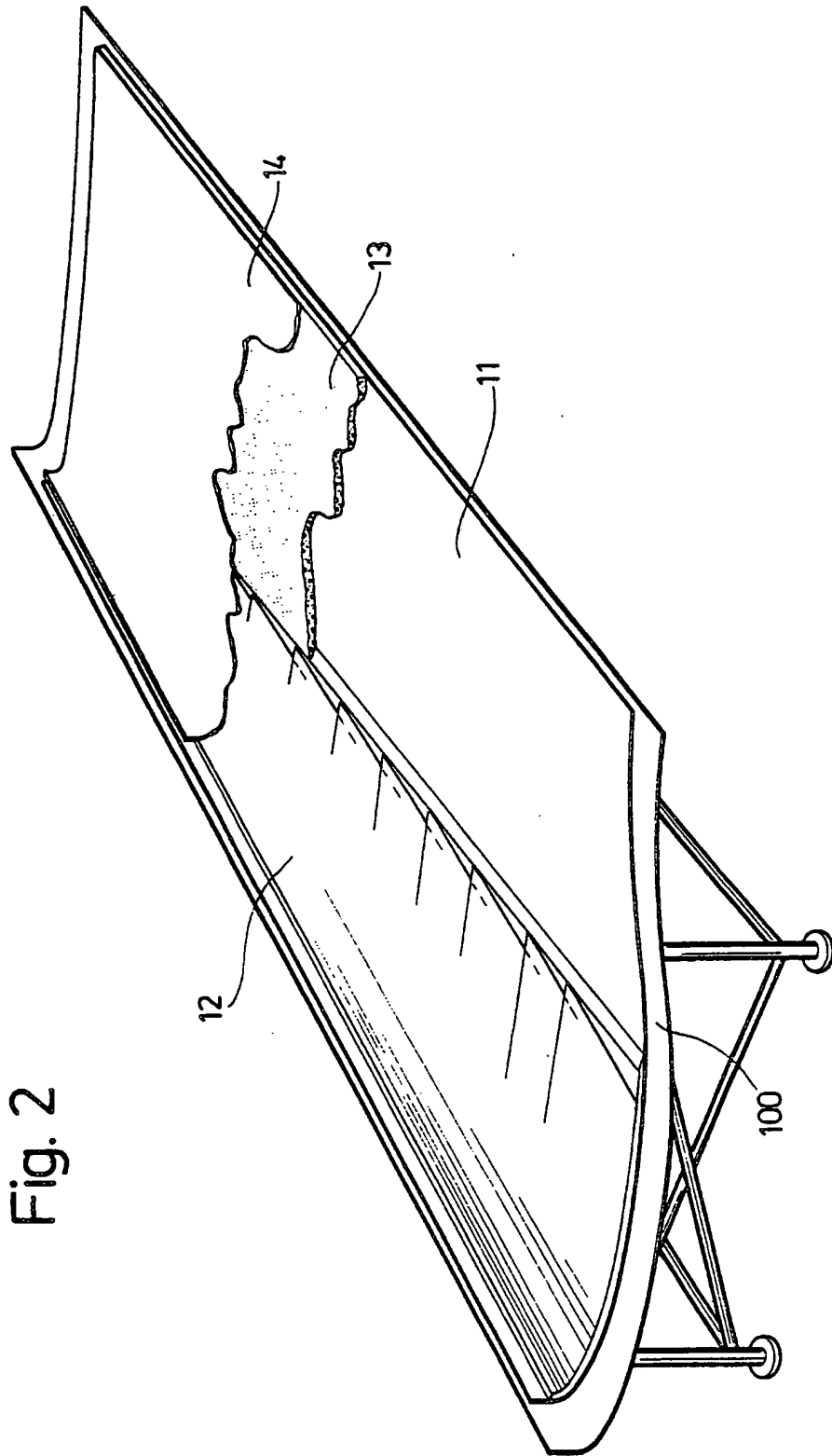


Fig. 2

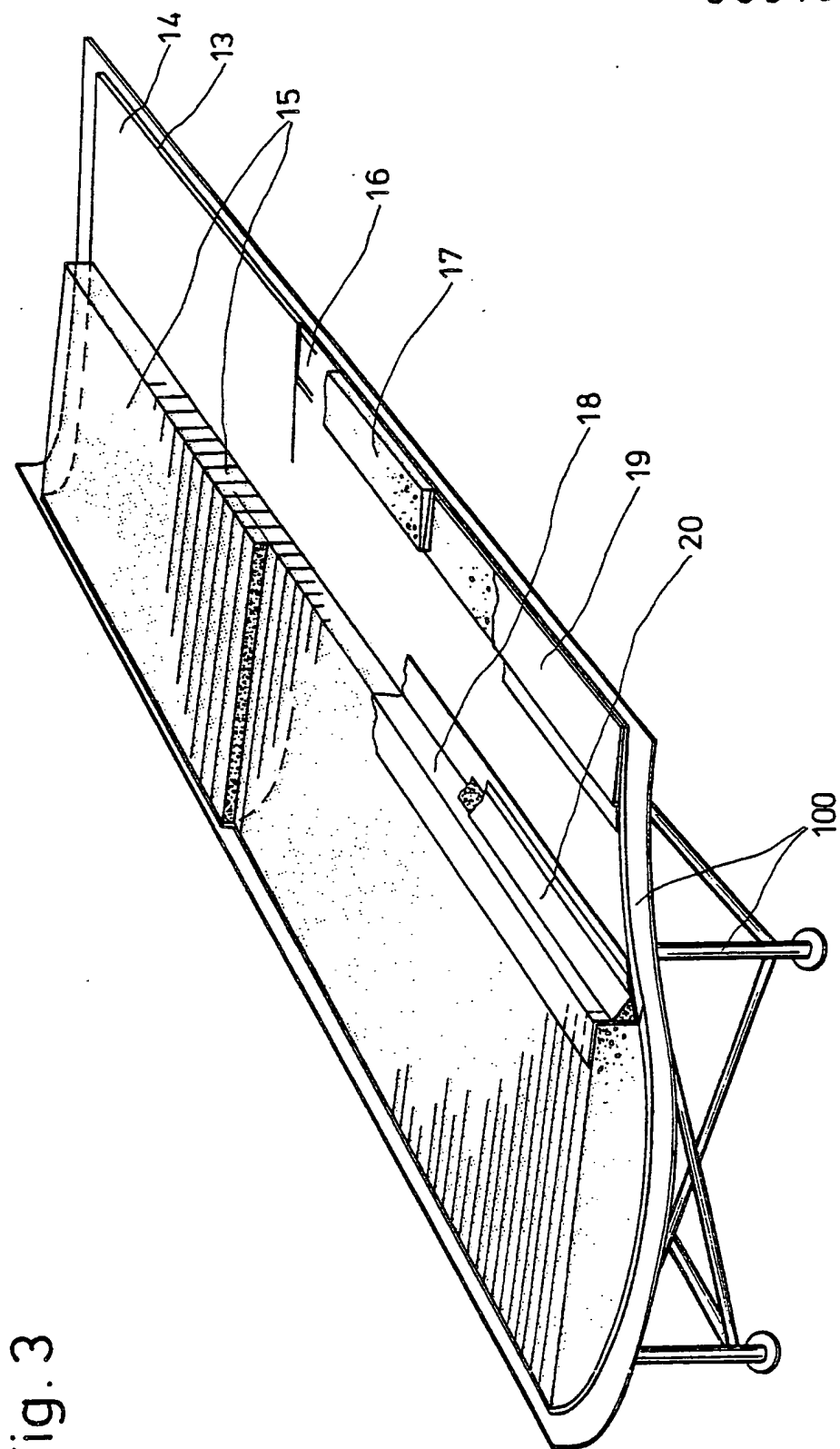


Fig. 3

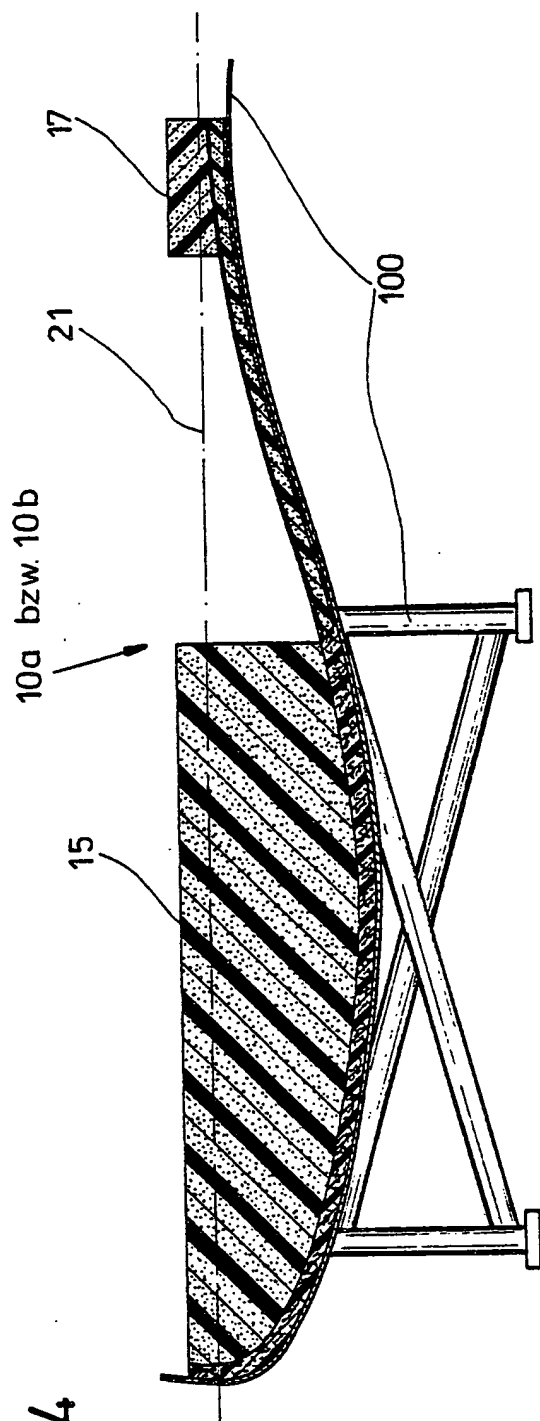


Fig. 4

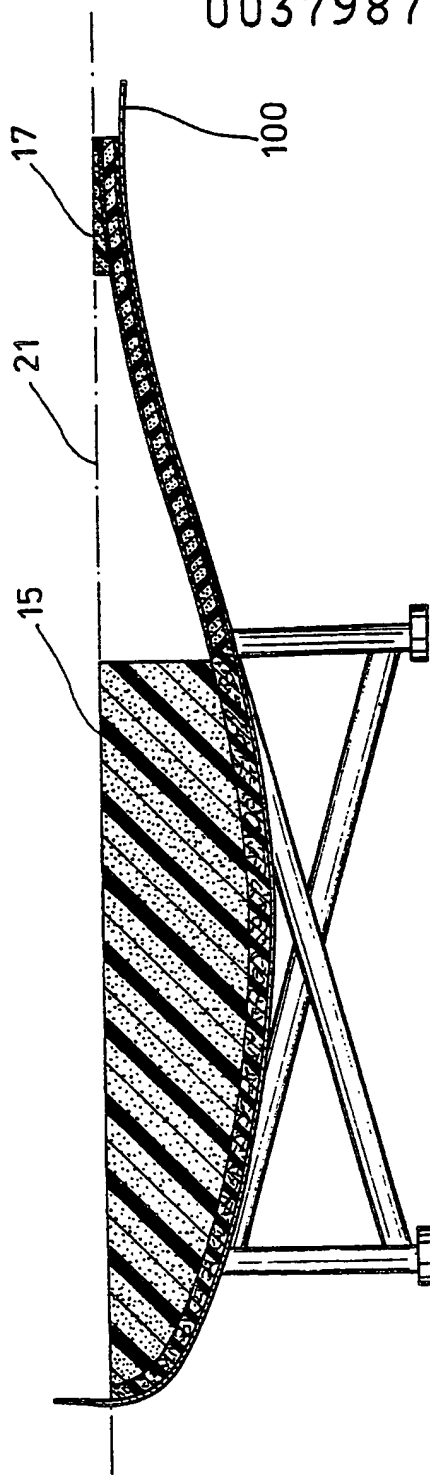


Fig. 5

Fig. 6

